

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyö

Kone- ja tuotantotekniikka

Koneautomaatiotekniikka

2012

Ilkka Kiilunen

# NESTEJÄÄHDYTTIMEN TUKKIPUTKIKONEEN INVESTOINTITARKASTELU



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

likka Kiilunen

# NESTEJÄÄHDYTTIMEN TUKKIPUTKIKONEEN INVESTOINTITARKASTELU

Tässä insinöörityössä käsitellään Alfa Solar-nestejäähdyttimen tukkiputken piippukoneinvestointia, mikä sisältää kustannusvertailun alihankinnan ja omatuotannon välillä eri toimipisteissä Alfa Laval Vantaa Oy:lle. Kuluvertailun laatimisen apuna käytetään kustannus-hyötyanalyysiä. Työssä esitellään tuotekehitysprojektin vaiheet ja teknisen kehityksen ideat.

Alfa Solar-nestejäähdyttimet valmistetaan Alfa Laval Oy:n Vantaan tehtaalla. Insinöörityössä painotettiin piippuputken omatuotannon ja piippuputken alihankinnan kulurakenteellisen vertailun tärkeyttä, koska vertailua tullaan käyttämään päätettäessä lopullisista tuotantomallista valmiille lopputuotteelle. Mahdollisia parannuskeinoja ovat tuotantolinjan kehitys, piippuputken kuparirakenteen kehittäminen sekä materiaalivahvuuksien optimointi. Työ sisältää piippuputken mallien suunnittelun sekä mittauksen että dokumentoinnin.

Opinnäytetyön investointitarkastelun apuvälineenä käytetään kustannushyötyanalyysiä (KHA). Se on investointipäätöksenteon apuväline.

ASIASANAT:

Nestejäähdytin,      radiaattori,      tukkiputki,      lämmönsiirto,      kylmätuotto,  
tuotannonkehitys,      kustannus-hyötyanalyysi      (KHA)

likka Kiilunen

# INVESTMENT EXAMINATION OF A LIQUID COOLER'S HEADER TUBE MACHINE

This thesis deals with the Alfa Solar liquid cooler, more specifically its header tube and connection tube and the ways to improve its manufacturability, including a cost comparison between outsourcing and the company's own production at Alfa Laval Vantaa site. The thesis contains the development plan of the project, the technical development of ideas and their results.

The main focus is on comparing the structural costs of the connection tube component between the company's own production and subcontracting. The comparison will be used on deciding the final production way for Alfa Laval: whether to continue subcontracting or develop the company's own production with a new machine investment.

Cost-benefit analysis (CBA) is an analytic and systematic process to compare the benefits and costs of a project. To determine how it compares with alternative projects is the main priority of the work. It involves comparing the total expected cost of each option against the total expected benefits, to figure out whether the benefits outweigh the costs, and by how much.

KEYWORDS:

Liquid cooler, drycooler, tube, copper, manufacturing, Cost-Benefit analysis (CBA), heat transfer, 3D-modelling, thermal design, radiator

# SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>10</b>
1.1.	Aihepiirin rajaukset	11
<b>2</b>	<b>YRITYSESITTELYT</b>	<b>12</b>
2.1.	Alfa Laval Vantaa Oy	12
2.2.	Historiaa	13
<b>3</b>	<b>NESTEJÄÄHDYTTIMEN OMINAISUUDET</b>	<b>14</b>
3.1.	Nestejäähdyttimen toiminta	14
3.2.	Jäähdytintyypit	15
3.3.	Lamellirakenne	15
<b>4</b>	<b>NESTEJÄÄHDYTTIMEN KONSTRUKTIO</b>	<b>17</b>
4.1.	Lohkoputket kammioissa	18
4.2.	Piippuputket	19
<b>5</b>	<b>TUKKIPUTKEN PIIPUN NYKYINEN TUOTANTO</b>	<b>20</b>
5.1.	Nykyinen piipun tuotanto	20
5.1.1.	Nykyisen piippukoneen työvaiheet	20
5.1.2.	Nykyinen piipun kauluksen supistus	24
5.1.3.	Piipun pesu ja lajittelu	27
5.2.	Nykyinen tukkiputken tuotannon kulurakenne	28
5.2.1.	Omatuotanto ja kapasiteetti	28
5.2.2.	Ulkopuolinen tuotanto	29

<b>6</b>	<b>TUKKIPUTKEN PIIPPUKONEEN HANKINTATARKASTELU</b>	<b>30</b>
6.1.	Koneinvestointitarjoukset	30
6.1.1.	Tarjous 1	31
6.1.2.	Tarjous 2	31
6.1.3.	Tarjous 3	31
6.2.	Tarjousten vertailu ja tarpeet	32
6.3.	Tarjous 3:n tarkastelua	32
<b>7</b>	<b>KONEINVESTOINNIN PIIRTEITÄ</b>	<b>33</b>
7.1.	Investointien tarkastelua	33
7.2.	Koneinvestointitarve	34
<b>8</b>	<b>KUSTANNUSHYÖTYANALYYSI</b>	<b>35</b>
8.1.	Tarjous 3:n kustannushyötyanalyysi	35
8.2.	Kustannuslaskenta	36
8.3.	Takaisinmaksuaika	37
<b>9</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSEHDOTUKSET</b>	<b>39</b>
<b>10</b>	<b>YHTEENVETO</b>	<b>41</b>
	<b>LÄHTEET</b>	<b>42</b>

## LIITTEET

Liite 1. Piippukoneelta vaadittavat työmitat

Liite 2. Piipun 3D-malli

## KUVAT

Kuva 1. Alfa Laval Vantaan tehdas.	13
Kuva 2. Ilmajäähdysteinen nestejäähdytin.	14
Kuva 3. Jäähdyttimen lamellirakenne.	16
Kuva 4. Kokonainen Alfa Solar-nestejäähdytin.	17
Kuva 5. Nestejäähdyttimen lohkoputkitukset.	18
Kuva 6. Nestejäähdyttimen yhdeputkiosuus tukkiputkineen.	19
Kuva 7. OAK Tool-putkitaivutuskone.	20
Kuva 8. Piipun piirroskuva.	22
Kuva 9. Bur Oak -piippukoneen taivutustyökalut	23
Kuva 10. Piipunpään supistus, 6 mm.	24
Kuva 11. Piiput supistuskoneessa.	25
Kuva 12. Supistuskone sekä supistettuja piippuja.	26
Kuva 13. Piippupesukone.	27
Kuva 14. Valmiita piippuja.	27



## TAULUKOT

Taulukko 1. Laitevaatimukset	31
Taulukko 2 Tarjous 3 koneen hintajaottelu	32
Taulukko 3. Nykyisen piipputuotannonkulut	36
Taulukko 4. Suunnitellun koneinvestoinnin tuotannonkulut	36
Taulukko 5. Investoinnin arvioitu takaisinmaksuaika	38

# 1. JOHDANTO

Tässä insinööriyössä keskitytään Alfa Solar-nestejäähdyttimen tukkiputkeen komponenttitasolla, lasketaan piippukulmat liittyen piippuputken virtauksiin, painekestävyyteen ja tarvittavaan piippulukumäärään, jotta nestejäähdytin täyttää luvatut jäähdytystehoarvot. Tukkiputken kokoonpano sisältää erilaisia osia, kuten laipan, yhteen, piiput, pätylaipat.

Insinööriyö jakautuu varsinaisesti kahteen osaan. Ensimmäisen osan tavoitteena on piippuputken toimintaan, sijaintiin ja mitoitukseen vaikuttavien laskelmien laatiminen. Toinen osa koostuu piippuotannon parannuskeinojen kartoittamisesta. Tällä hetkellä piippuja tehdään itse sekä hankitaan osin alihankintana. Insinööriyössä selvitetään piipunvalmistuksen tuotantokulut, jolloin saadaan laskettua piipun valmistuskustannukset. Lisäksi laaditaan vertauslaskelma uuden piippukoneen investoinnista omaan piippuotantoon. Tämä sisältää koneen hankinta-, takaisinmaksu-, materiaali-, työvoima- sekä tuotekehityskulut.

Alfa Laval Oy:n nestejäähdytinsarjan Alfa Solar- mallisto on alun perin kehitetty kylmätekniikan tarpeisiin 1970-1980 luvulta lähtien, ja se oli alkujaan nimellä FB. Fincoil-ajoilta tuotesarja nimettiin muotoon Solar-jäähdytin, jossa on juuri vakiomalliston laajeneminen menossa sekä nimiudistus muotoon Alfa Solar.

Tekniikan- ja energia-alan yrityksillä tuotekehitys on aina ollut tärkeässä roolissa, eritoten kansainvälisesti toimivilla yrityksillä. Aikaisemmin tuotekehitystä on saatettu pitää hieman raskaana kulurasitteena, mutta nykyisin tuotekehityksen rooli osana yrityksen yhteistyöverkostoa nähdään kasvavana ja erittäin tarpeellisena osana tuotantoa. Hyvä, tehokas, edistysellinen ja laatuun keskittyvä tuotekehitys on jatkuvasti muuttuvilla markkinoilla iso osa kilpailuetua tavoitellessa.

### 1.1. Aihepiirin raja

Toiminnallisesti suurimmat modifikaatiot nestejäähdytimeen saavutetaan erilaisilla yhde- sekä tukkiputkiratkaisuilla, joita on vakiotuotteistettu sekä asiakkaiden tarpeisiin laadittavia erikoiskokoonpanoja.

Toimeksiantajan osalta päättötyön pääpaino on kaiken tarvittavan tiedon keruu liittyen tulevaan koneinvestointiin sekä kustannushyötyanalyysiin. Koneinvestoinnin laatimista varten haastattelen Alfa Laval Vantaa Oy:n toimihenkilöitä ja tuotannon henkilöitä, jotka vastaavat kukin omista osa-alueistaan. Kerätyn aineiston pohjalta päätetään lopullisesta koneinvestointipäätöksestä.

## 2. YRITYSESITTELYT

### 2.1. Alfa Laval Oy

Alfa Lavalilla on kolme keskeistä teknistä ydinaluetta: lämpö-, erotus- ja virtaustekniikka. Kaikki ovat eri teollisuuden aloille tärkeitä. Alfa Laval on globaalisti yksi suurimmista toimijoista lämmönvaihtimien, kaupallisen- sekä teollisenjäähdytyksen alalla. Yrityksen tuotteita on myyty yli sataan maahan, omaa yritystoimintaa on yli 50 maassa ja pääkonttori on Ruotsissa Lundissa. Omia tuotantolaitoksia on 20. Maailmanlaajuisesti henkilökuntaa on yli 11 500 henkilöä. Alfa Lavalin perustaja, ruotsalainen Gustav de Laval, patentoi aikanaan höyryturbiinin sekä keskipakoseparaattorin. De Laval perusti kumppaninsa Oscar Lammin kanssa vuonna 1883 AB Separator-yrityksen, jota pidetään Alva Lavalin-konsernin alkuna. (Alfa Laval Oy 2011)

## 2.2. Historiaa

Aulis Pakula perusti vuonna 1956, Pakula & CO-nimisen yrityksen (Fincoil Oy), aloittaen valmistamalla HILE-pattereita. Vuonna 1975 Pakula myi Pakula & CO:n Puolimatkalle, joka antoi yritykselle nimeksi Fincoil-teollisuus, jolloin nykyinen Vantaan tehdas rakennettiin Ansatielle (kuva 1). Vantaan tehtaalla sijaitsee sekä tuotantolaitos että tuotekehitysosasto.



Kuva 1. Alfa Laval Vantaan tehdas.

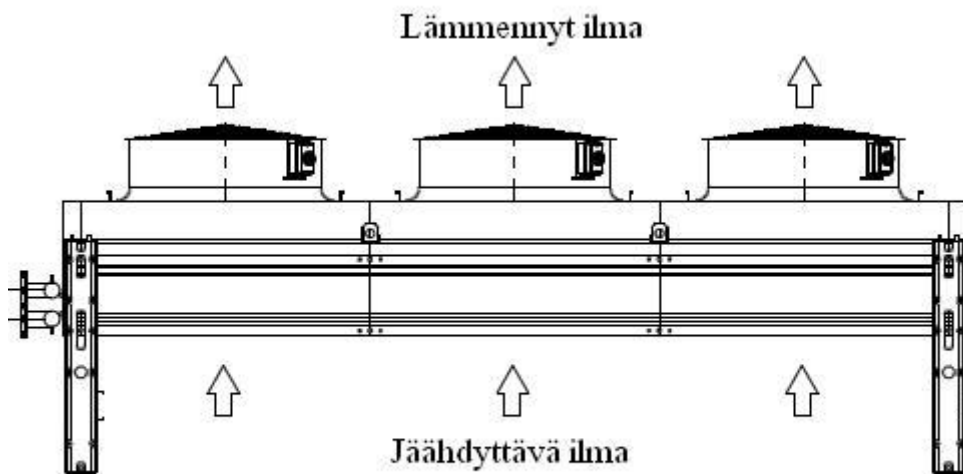
Vuonna 1996 Fincoil-teollisuuden osti Carrier, joka on yksi maailman suurimmista jäähdytysalan konserneista. Vuonna 2007 Carrier myi Fincoilin Alfa Lavalille, joka on nykyinen konsernin nimi. Fincoil-nimeä käytetään vieläkin tunnetuksi tulleissa tuotenimikkeissä.

### 3. NESTEJÄÄHDYTTIMEN OMINAISUUDET

#### 3.1. Nestejäähdyttimen toiminta

Alfa Solar-sarjan ilmajäähdytteiset (kuva 2) nestejäähdyttimet ja ovat ulkokäyttöön soveltuvia lamellilevytekniikalla rakennettuja lämmönsiirtimiä. Jäähdyttimien käyttökohteita ovat ilmastoinnin, kaupankylmän ja teollisuusprosessin jäähdytykseen.

Jäähdyttimien tehtävänä on luovuttaa pois laitteiston tuottama lämpöenergia, joka on otettu höyrystimessä ja kompressorin puristuksen kautta tuotu jäähdyttimien siirrettäväksi ulkopuoliseen ympäristöön. Pääsääntöisesti lämpöenergia siirretään jäähdytimestä ilmaan tai veteen. Eri jäähdytintyyppit ovat saaneet nimensä juuri jäähdytysaineensa mukaan. Yleisesti nimityksinä käytetään joko vesi- tai ilmajäähdytteistä jäähdytintä.



Kuva 2. Ilmajäähdytteinen nestejäähdytin

Vesijäähdytteiset olivat pitkään yleisimpiä kylmätekniikassa käytettyjä jäähdyttimiä. Vesijäähdytteisen jäähdyttimen etuja olivat tuolloin edullisempi hankintahinta ja pienempi tilantarve verrattuna ilmajäähdyttimeen. Jäähdyttävästä vedestä on tullut kuitenkin eräs kustannustekijä, joka sisältyy tämäntyyppisiin jäähdyttimiin. (Muuronen 1994, 149)

### 3.2. Jäähdytintyytit

Ilmajäähdytteisessä lauhduttimessa putkistossa kulkeva jäähdytettävä aine nesteytetään ilman avulla. Lauhduttimet voivat olla tyypiltään joko vapaakiertoisia tai pakkokiertoisia. (Alijoki 1992, 233)

Vapaakiertoisessa lauhduttimessa haluttu jäähdyttävän ilman kierto syntyy lämpötilaeroista. Ilman lämpötilan ollessa lauhduttimessa suurempi kuin ympäröivässä ilmassa syntyy paine-ero, joka pyrkii tasaantumaan ja samalla lauhduttimessa oleva ilma vaihtuu. Vapaakiertoisia lauhduttimia käytetään yleisesti kodintekniikan kylmäkoneissa. (Alijoki 1992, 233-234)

Pakkokiertoisessa lauhduttimessa ilman läpivirtausta tehostetaan puhaltimen avulla. Lauhduttimien puhaltimina käytetään yleisimmin aksiaalipuhaltimia. Puhaltimella saavutetusta ilman virtauksen tehokkuudesta johtuen pakkokiertoisista lauhduttimista on voitu lisätä jäähtyvää pinta-alaa. Pinta-alan lisäys on toteutettu lamellirakenteen avulla. (Alijoki 1992, 236)

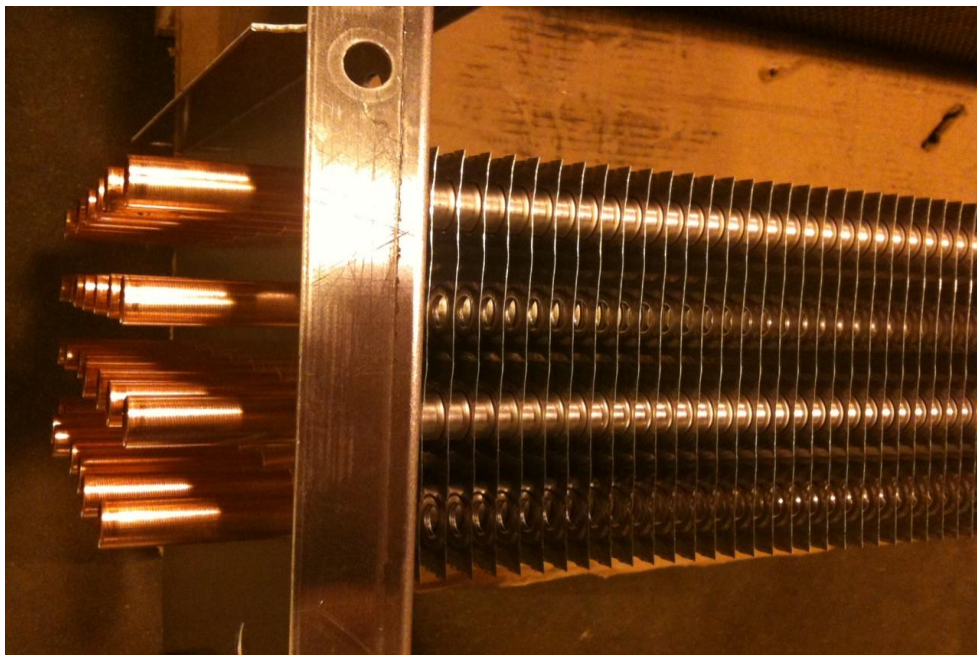
### 3.3. Lamellirakenne

Lamellirakenne on nykyään tavallisin ilmajäähdyttimen rakenne. Rakenteen etuna on tilantarpeeseen nähden suuri jäähdyttävä pinta-ala. Jäähtymistä edelleen tehostettaessa lamellit voidaan myös poimuttaa.

Lamellijäähdystimen pääosat ovat kuorirakenne, kylmäaineputkisto, lamellit sekä puhaltimet. Lamellijäähdystimiä käytetään lähes kaikkiin kohteisiin, joissa riittävä lämpötilaero saavutetaan kylmäaineen ja tulevan ilman välillä.

Suuritehoisissa laitoksissa jäähdyttimet sijoitetaan yleensä ulkotilaan, mutta pienempiä jäähdyttimiä voidaan käyttää myös sisätiloissa.

Ilmajäähdysteisellä jäähdyttimellä laitteen sijoituksella on suuri merkitys laitteen toimintaan. Laitteet tulee sijoittaa siten, että jäähdyttävä ilma voi virrata esteettömästi kennon läpi, eikä takaisinkiertoa tapahdu. Valittaessa jäähdytinmallia ja sijoituspaikkaa on myös otettava huomioon sijoituspaikan todellinen lämpötila sekä huomioitava ettei tuuli puhalla puhaltimen ilmavirtaa vastaan. Jos tuulen vaikutusta ei muuten saada eliminoidua, voidaan jäähdyttimessä käyttää myös tuulisuojia. (Alijoki 1992, 236)



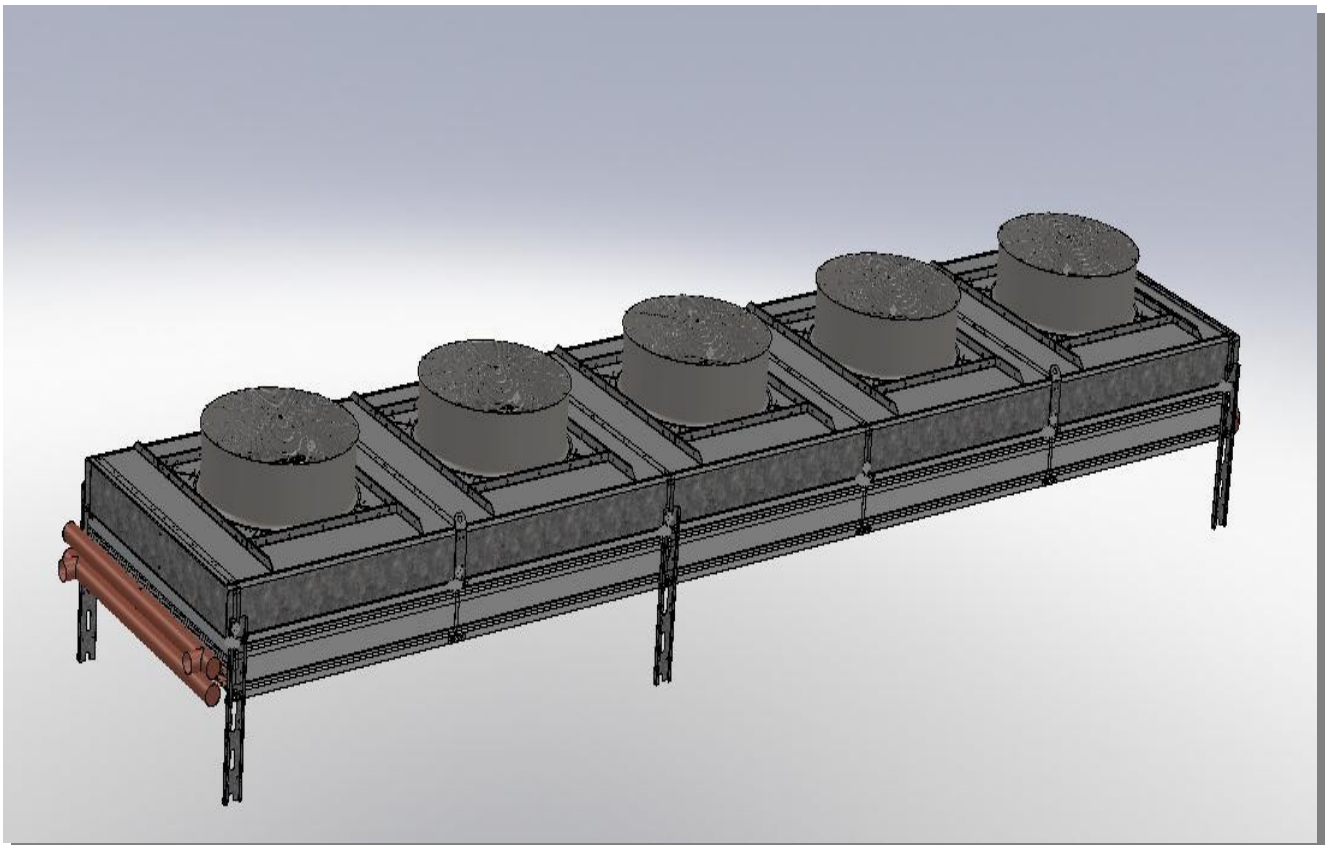
Kuva 3. Jäähdyttimen lamellirakenne



## 4. NESTEJÄÄHDYTTIMEN KONSTRUKTIO

Alfa Solar-nestejäähdyttimen kokoonpanoon sisältyy puhallinpaketti moottorineen sekä lohkot. Lohkot jaetaan erilleen toisistaan välipäädyillä. Kokonaisen nestejäähdyttimen ulkopuolisia osia ovat yhteet, jotka yhdistetään lamelliputkiin tukkiputkella sekä piipuilla. Nestejäähdyttimen yhdeputki hitsataan jäähdytysjärjestelmään. Yhdeputki on laipallinen.

Kuva 4. Kokonainen Alfa Solar-nestejäähdytin.

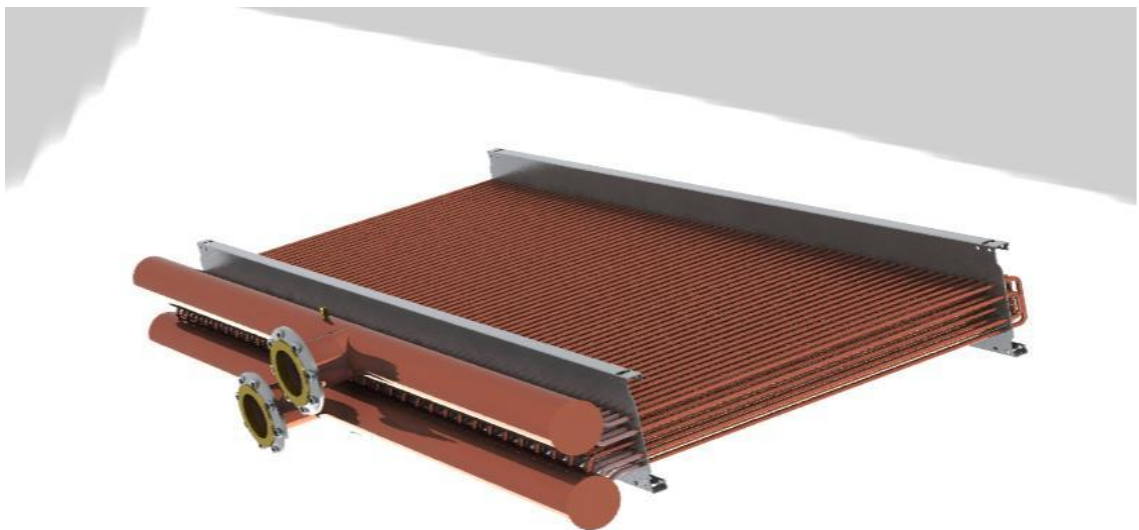


#### 4.1. Lohkoputket kammioissa

Alfa Solar-nestejäähdyttimen lohkoissa jäähdytysputkina käytetään kupariputkia, syynä tähän on kuparin lämmönjohtavuuskyky sekä sen ainelujuuteen liittyvät oikeanlaiset ominaisuudet. Käytössä on kaksi eri putkityyppiä. DIN1787-standardin mukaan kylmävedetty ja pehmeäksi hehkutettu putki, tämä on standardoitu jäähdytinlaatu, pehmeä. (Alfa Laval 2011, 2-3) Lohkoissa olevan kupariputken ulkohalkaisija on 12,7 millimetriä. (Valtanen 2010, 1093) Putken sisäpinta on sileä. Lämmönjohtavuus kertoo materiaalin kyvystä kohtaa lämpöä. Lämmönjohtavuuslukema ilmaisee siirtyvän lämpötehon  $P$  kuparin poikkipinta-alaa  $A$  ja kuparin lämpötilagradienttia kohti  $dT/dx$ . Kuparin metallinen koostumus on erittäin lähellä puhdasta kuparia.

SI-järjestelmän laskuissa käytettävä kaava on:  $\lambda = P / (A \cdot dT/dx)$

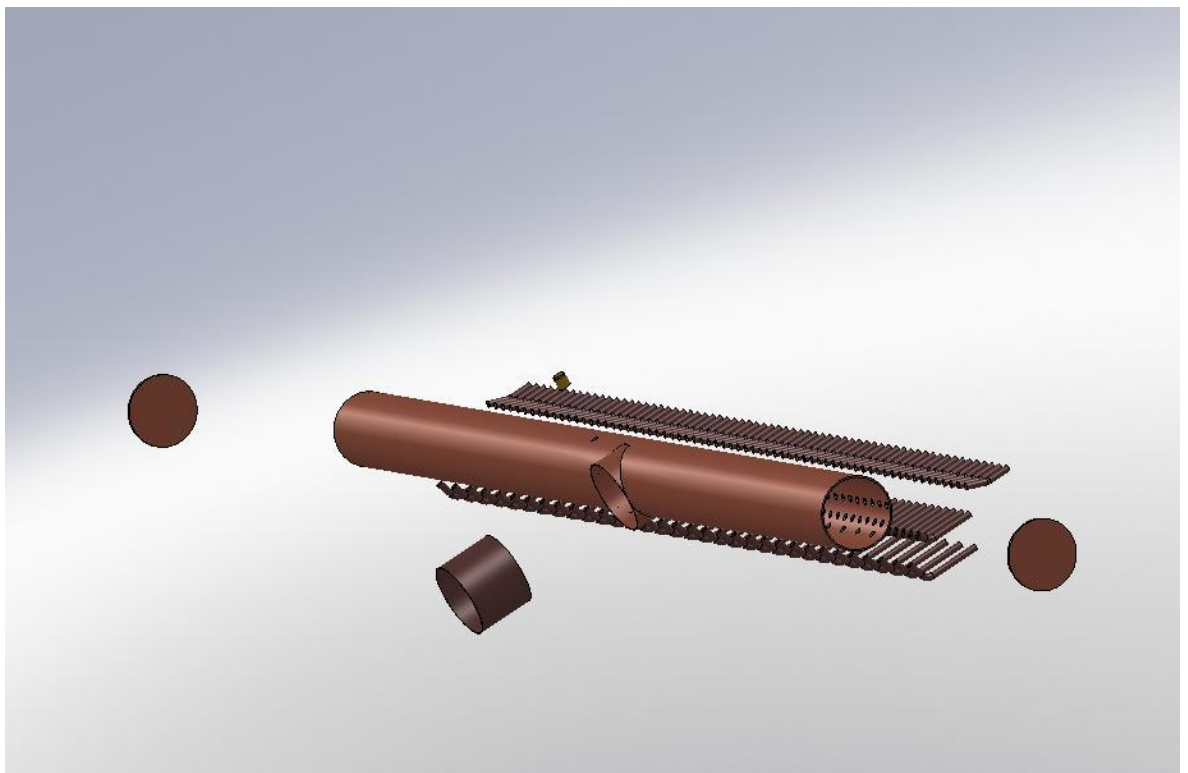
Keskimäärin kuparin lämmönjohtavuus on 390 W / (K\*m).



Kuva 5. Nestejäähdyttimen lohkoputkitukset.

#### 4.2. Piippuputket

Nestejäähdyttimen yhdeosuus koostuu tukkiputkesta, päätylaipasta, piipuista, yhdelaipasta, joka on kaksiosainen. Kaikki mainitut osat ovat DIN1787-standardin mukaista kuparimateriaalia.



Kuva 6. Nestejäähdyttimen yhdeputkiosuus tukkiputkineen.

## 5. TUKKIPUTKEN PIIPUN NYKYINEN TUOTANTO

### 5.1. Nykyinen piipun tuotanto

#### 5.1.1. Nykyisen piippukoneen työvaiheet

Tämän hetkinen piipputuotanto on sekä omatuotantoa että alihankintana tehtävää tilaustuotantoa. Omatuotannon koneena (kuva 7) on putken taivutuskone OAK Tools:n Burr oak tool & Gauge co.

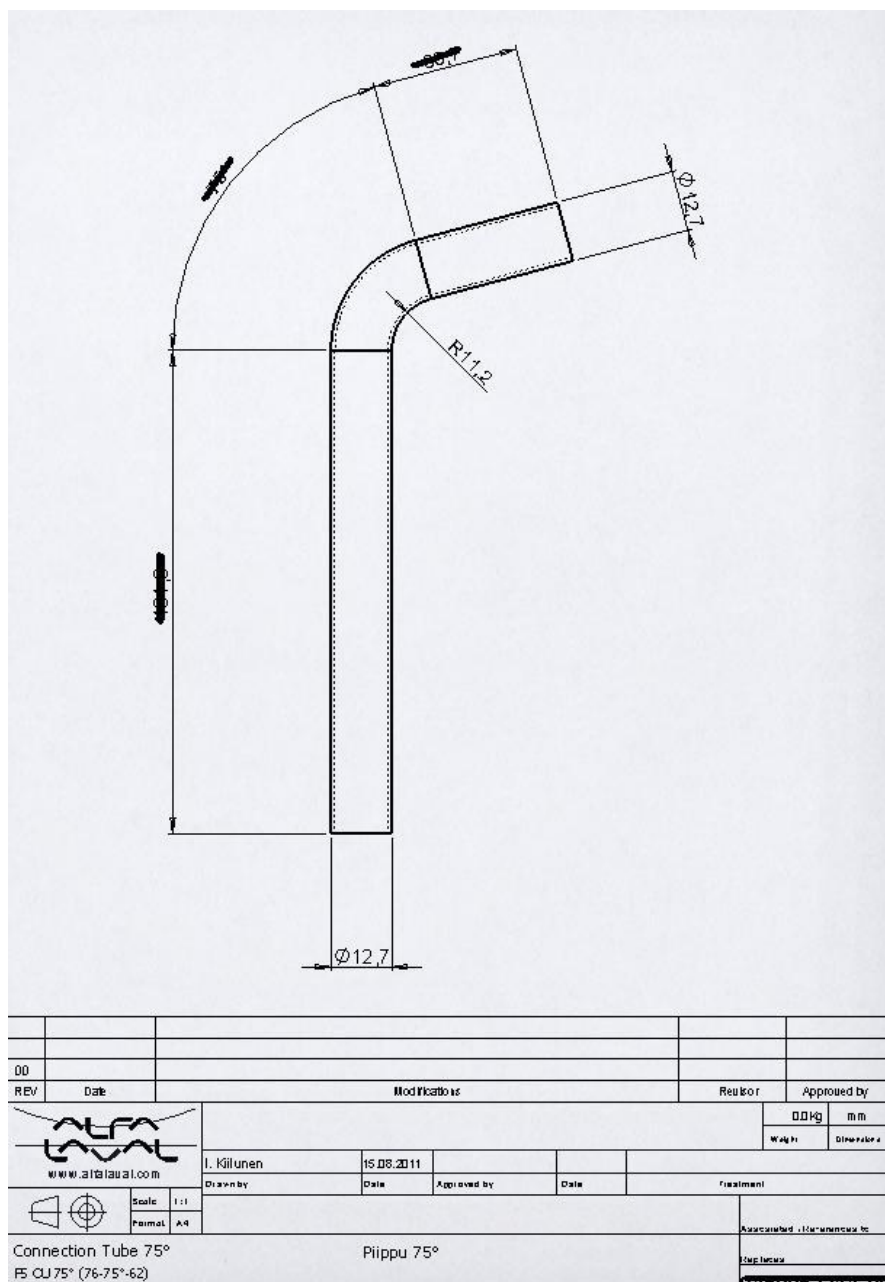


Kuva 7. OAK Tool -putken taivutuskone.

Ensimmäinen työvaihe piippukoneessa on piippuputken pituuden lukeminen, tämän arvon mukaan piippukone toistuvasti suorittaa piipunpään supistuksen ennen taivutus- sekä katkaisutoimenpidettä.

Toisena työvaiheena piippukone taivuttaa piipun asetettuun kulmaan, taivutustyökalun sisäreunan taittosäde on 11,2 millimetriä.

Piippukoneen kolmas työvaihe on putken halkaisu. Kone lukee syötetyn putken pituutta, jolloin se tietää läpiajetun suoran putken pituuden. Näin saadaan haluttu piipun etummaisen suoran pituus ennen taivutusta. Taivutetun putkiosuuden jälkeisen piippuputken suoran osuuden pituusluku sekä putken poikkisahaus. Yhteensä kolmen eri työvaiheen avulla Bur OAK-tool valmistaa kupariputkesta piipun.



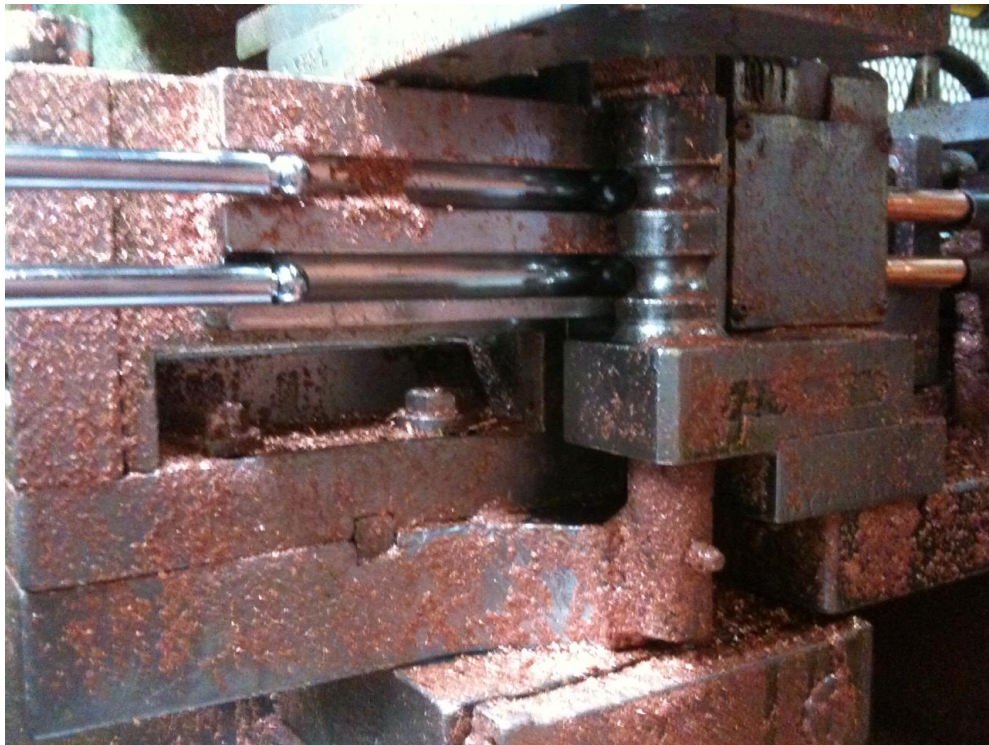
Kuva 8. Piipun piirroskuva.

Kupariputken kauluksen supistus tapahtuu paineilmaohjatulla puristusmenetelmällä, joka on yksi piippukoneen toiminto.

Kupariputken leikkaaminen tapahtuu niin sanotun "orbital cutting tool"-menetelmällä. Käytännössä pyöreä terä pyörii putken ympärillä tietyllä kierrosnopeudella "viiltäen" terän putken läpi. Menetelmän ansiosta valmiiseen piippukappaleeseen ei jää sahausjälkiä. Katkaisujälki on tarkka ja tasainen.



Taituvustyövaiheessa koneesta työntyy taivutettavan putken sisälle taivuttava tanko, joka vääntää ”vapaana” olevan putken asetettuun kulmaan tietyllä halkaisijamitalla olevan pyöreän teräsuran muotoisesti.



Kuva 9. Bur Oak -piippukoneen taivutustyökalut

Piipun taivutuksen ja katkaisun jälkeen piiput pestään kivipesurilla, näin saadaan epäpuhtaudet pois eikä epäpuhtauksia päädy valmiiseen jäähdyttimeen.

### 5.1.2. Nykyinen piipun kauluksen supistus

Alihankinnan piiput tulevat meille supistamattomina, näiden kauluksen supistaminen tapahtuu käsiohjatulla supistuskoneella. Piipun kiinnitys tukkiputkeen tapahtuu kovajuotoksella. Piipun juotettava pää supistetaan kuuden millimetrin matkalta ja suoritettava supistus pienentää piipun halkaisijaa noin 0,2 millimetriä. Kyseessä on niin sanottu kapillaarivällys, jonka juotettava ainesosa tulee täyttää. Juotokseen käytetään noin 13 millimetristä kuparijuotosrengasta. Supistettu pää upotetaan tukkiputkeen koko 6 millimetrin pituudeltaan.



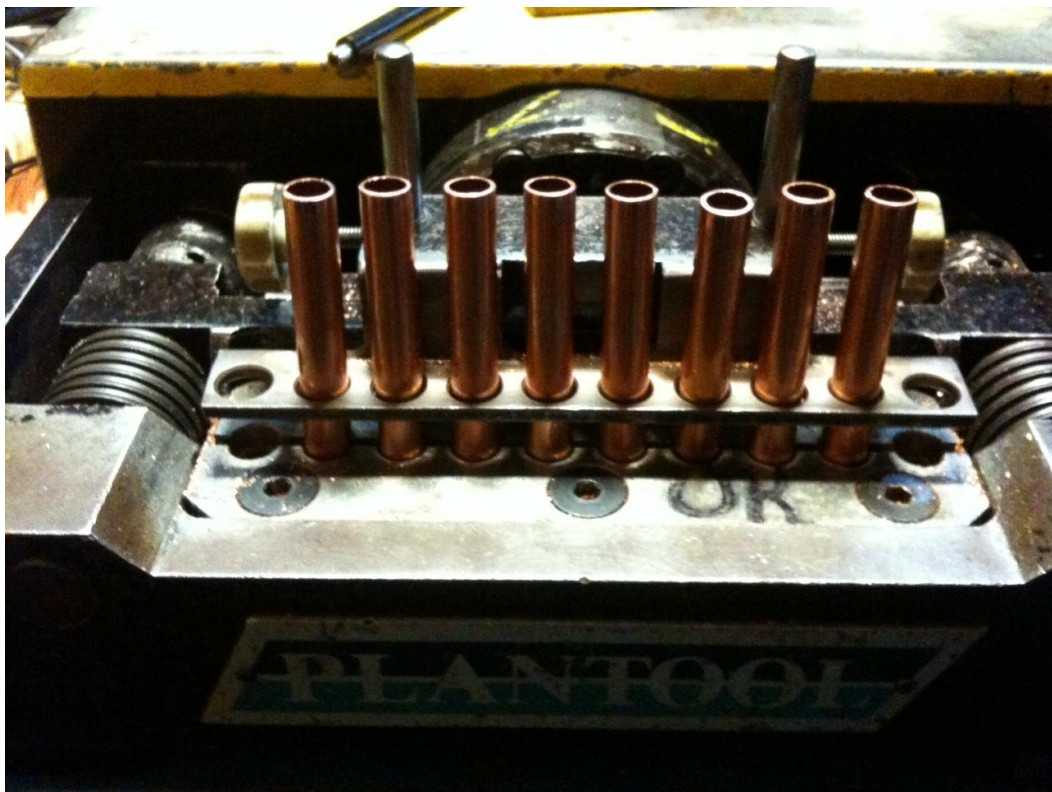
Kuva 10. Piipunpään supistus, 6mm.

Tukkiputken piipun kauluksen supistus tapahtuu ilmapaineohjatulla bend reducing tool- koneella. Supistuskoneella voidaan supistaa kahdeksan piippua kerrallaan.



Koska alihankinnan piippulukumäärä on vuositasolla noin 50 000 kappaletta, on tämä työvaihe käsintoteutettuna liikaa aikaa vievä sekä näin automaation aikakaudella liian riippuvainen ihmistyövoimasta.

Rajoittamaton piippukauluksen supistusmenetelmä on yksi hankittavan piippukoneen lähtökohtaisista vaatimuksista.



Kuva 11. Piiput supistuskoneessa.

Tällä hetkellä saaduista piippukonetarjouksista yksi pitää sisällään piipun supistus-menetelmän.

Muilta tarjouksen lähettäneiltä pyysimme lisätietoja muun muassa, onko tarjottuihin laitekokoonpanoihin saatavilla piipun supistusmenetelmää.



Kuva 12. Supistuskone sekä supistettuja piippuja.

### 5.1.3. Piipun pesu ja lajittelu

Piipun taivutuksen ja katkaisun jälkeen piiput pestään kivipesurilla, näin saadaan epäpuhtaudet pois.



Kuva 13. Piippupesukone.

Työvaiheiden jälkeen valmiit piiput lajitellaan nimikenumeron mukaisesti, josta ne viedään lohkonvalmistushalliin tai väliaikaisesti varastoidaan.



Kuva 14. Valmiita piippuja.

## 5.2. Nykyinen tukkiputken tuotannon kulurakenne

### 5.2.1. Omatuotanto ja kapasiteetti

Piippujen omatuotannolle on laskelmoitu työvaihe- sekä materiaalikulut piippua kohden. Laskennallinen henkilötyöaikaakustannus Alfa Laval Vantaa Oy:lle on 25 euroa tunti.

Materiaalikulut omatuotannossa vakiopiippua kohden ovat noin 0,27 euroa per piippu. Yrityksen vuosittaisia talouslukuja laatiessa on huomioitava ja arvioitava kuparin materiaalihinnan vuosittainen muutos materiaalin maailman markkinoilla.

Omatuotannon kapasiteetti nykyisellä putken taivutuskoneella on noin 600 piippua tunnissa. Kapasiteettia laadiattessa on huomioitu keskimääräisesti aikaa vievät työvaiheet, mukaan lukien koneen asetus toisenlaisen piipun valmistukseen sekä piippujen pesu. Yhden työpäivän aikana nykyisen koneen kapasiteetti on noin  $600 \text{ kpl} \times 7,5\text{h} = 4500$  piippua.

### 5.2.2. Ulkopuolinen tuotanto

Alfa Laval Vantaa Oy:llä on Suomessa tällä hetkellä vain yksi kuparipiipputoimittaja. Kyseinen alihankkija ostaa piipputuotannossaan käyttävänsä kuparimateriaalin Alfa Laval Vantaalta, jolloin materiaalikulut sekä kontrolli liittyen kuparilaatuun sekä yhtäläisiin ominaisuuksiin muiden kupariosien kanssa on tilaajan, tässä tapauksessa Alfa Laval Vantaa Oy:n tiedossa.

Vuoden 2011 sekä keväältä 2012 talousluvuista selviää Alfa Laval Vantaa Oy:n nestejäähdyttimissä käyttämien ostopiippuputkien hintojen vaihtelevan 0,65 eurosta 1,05 euroon kappaleelta, sisältäen materiaalin, taivutustyön sekä käsittelykulut. Materiaalierittelystä saadaan ostopiipun työhinnaksi noin 0,25 – 0,35 euroa per piippu.

Yllämainittuja hintatietoja tullaan käyttämään piipputaivutuskoneinvestoinnin kustannushyötyanalyysissä.



## 6. TUKKIPUTKEN PIIPPUKONEEN TARJOUSTENTARKASTELU

### 6.1. Koneinvestointitarjoukset

Alfa Laval Vantaa Oy on saanut useita tarjouksia kupariputken taivutukseen soveltuvista koneista.

Usean eri tarjouksen läpikäyminen sekä niiden sisällön kartoitus tarpeita täyttävästi tapahtui tuotannosta- sekä tuotekehityksestä vastaavista henkilöistä muodostuneen ryhmän palaverien. Näin pystyimme huomioimaan mahdollisimman monet eri muutoksen myötä vaikuttavat asiat sekä tarjousten tarpeet, joita tarjoukset pitivät sisällään ja joita tarjouksista puuttui. Laskujemme mukaan riittävä tuotantokapasiteetti hankittavalle koneelle on noin 600 kpl/h.

Muut vaatimukset investoinnille ovat: putkenpään supistus, vähintään 90 asteen taivutus, "orbital cutting" eli ympärisahaava putken katkaisu sekä mahdollisuus myös kaarivalmistukseen, joka tarkoittaa kahden taivutuksen tekemistä yhdelle putkiosalle.

Ohessa taulukko laitevaatimuksista, sekä tarkasteluun valitun kolmen eri tarjouksen vertailua vastaavuudesta vaatimuksiin:

	Laitevaatimukset	Tarjous 1	Tarjous 2	Tarjous 3
1.	Kapasiteetti min. 600 kpl/h	Kyllä	Lisätietoa pyydetty	Kyllä
2.	Putkenpään supistus	Lisätietoa pyydetty	Lisätietoa pyydetty	Kyllä
3.	Taivutus vähintään 90 astetta	Kyllä	Kyllä	Kyllä
4.	Kaaritaivutus (2x taivutus)	Kyllä	Lisätietoa pyydetty	Kyllä
5.	Orbital cutting-tool (sahaus)	Kyllä	Lisätietoa pyydetty	Kyllä

Taulukko 1. Laitevaatimukset

#### 6.1.1. Tarjous 1:

Tarjous 1 täytti vaaditut kriteerit kapasiteetin sekä taivutuksen osalta. Tarjouksesta jäi epäselväksi onko koneessa putkenpään supistustoimintoa, tästä lähetimme lisäkyselyä tarjouksen laatijalle.

#### 6.1.2. Tarjous 2:

Tarjouksesta 2 jäi epäselväksi useampikin kohta liittyen vaatimuksiin. Kuten kapasiteetti, putkenpään supistus, kaareen taivutus sekä putken katkaisumenetelmä.

#### 6.1.3. Tarjous 3:

Tarjous 3 täytti kaikki asetetut vaatimukset.

## 6.2. Tarjousten vertailu ja tarpeet

Kaikki tarjoukset eivät täyttäneet vähimmäistarpeitamme hankittavan, koneen vaatimuksia. Näiltä osin olemme pyytäneet täydentäviä tietoja tarjouksiin.

Päättötyöhön liittyen otan lähempään kustannustarkasteluun tarjouksen 3, kupariputken taivutuskonekokonaisuus. Tarjous on lähtökohtaisesti kaikki Alfa Laval Vantaa Oy:n tarpeet täyttävä.

## 6.3. Tarjous 3:n tarkastelua

Tarjous 3 putkitaivutuskone koostuu seuraavista osakokonaisuuksista:

Koneen osa/työkalu:	€
Taivutuskone	57520
Asetukset ø12,7mm putkelle	4840
Taivutusyksikkö	38650
Taivutustyökalut ø12,7mm putkelle	1230
Putkenpään supistus	13750
Kalibroitu tarttuja 12,00m putkelle	233
Yhteensä:	116223 €

Taulukko 2: Tarjous 3 hintaerittely



## 7. KONEINVESTOINNIN PIIRTEITÄ

### 7.1. Investointien tarkastelua

Pääomaa sijoittaessa investointiin on kyseessä tulon hankkimistoimenpide, jolla tähdätään pitkän aikavälin suurempaan tuottoon. Investoinnin euromääräisestä suuruudesta riippuen tyypillistä on pitkäkestoinen sijoitus. Muuttuvat tekijät eli epävarmuus (Ikäheimo ym. 2005, 203-204) todellisten tuottojen kertyminen pidemmällä ajanjaksolla, koskaan ei voida tietää etukäteen onko investoinnin kohde laadultaan parempi vai huonompi kuin edellinen piippukone. Vaatiiko ylläpito pääomaa ja miten paljon.

Tämän insinööriyön tapauksessa euromääräisesti investointi ei ole taloudellista uhkakuvaa aiheuttava, sillä kyseessä on yhden koneinvestoinnin taloudellinen arviointi, Alfa Laval Vantaan tehtaalla kyseinen kone on yksi kone muiden joukossa isossa kokonaisuudessa. Investoinnit ovat monesti hyvin eri kokoisia, suuret investoinnit vaativat tarkemman arvioinnin ja kustannustarkastelun kuin pienet. (Niskanen & Niskanen, 308) Tähän insinööriyöhön liittyvä investointitarkastelu voidaan luokitella tehtaan kapasiteetin ylläpidon parantamiseksi, joten investointitarkasteluun voidaan käyttää Alfa Laval-konsernin laatimaa kustannushyötyanalyysiä.

Tavoitteena on tehostaa ja optimoida kyseinen piippuputken taivutustoimenpide ja mahdollistaa minimaalinen varastoarvo, koska kyseisessä komponentissa materiaalivaranto sitoo pääomaa. Tästä syystä tarpeettomasti tuotetut piippuputket ovat kallista hävikkiä. Tämän hetkinen omatuotanto sekä alihankinta vaatii piippuvarannon pitämistä rahallisesti turhan suurena. Lukumääräisesti piippuja on varastossa aina useamman kuukauden tarpeeseen, näin varmistetaan katkeamaton jäähdytintuotanto.

Monesti investointeja luokitellaan niiden tehtävän mukaan lakisääteisiin tai turvallisuuteen liittyen, tässä tapauksessa kysymyksessä ei ole näiden mukaan kategorioitava investointi vaan puhutaan tuotannontekijäinvestoinnista tarpeeseen, joka on osa tuotannon kokonaisuutta. (Ikäheimo ym., 205)

## 7.2. Koneinvestointitarve

Yrityksen aloittaessa investointitarkastelun, on havaittu investointitarve. Syitä tähän voi olla useampia. Saatetaan huomata nykytilanteen aiheuttavan pullonkaulaa tai vaan ennakoidaan tulevaisuuden muutoskykyä ja siihen muovautumista. Mahdollisesti halutaan tehostaa jotain tiettyä toimintaa nykyiseen nähden, ainakin selvittää onko tehostaminen mahdollista.

Tarvemäärittelystä on vielä pitkä matka investoinnin päätöksen tekoon, kaiken investointiin kohdustuvien arvioiden on perustuttava realistisiin ja jopa kriittisiin lähtötietoihin sekä järkevään tulevaisuusvisioon.

Investoinnin toteutusprosessi lyhyesti

1. Tunnistetaan investointitarve hankinnalle.
2. Tutkitaan ja kartoitetaan vaihtoehdot, analysoidaan kerätyt tiedot.
3. Päätöksenteko, lopullinen vertailu eri vaihtoehdoille ja tavoitteille, muutoksille, onko tarpeet täyttävä.
4. Investoinnin mahdollinen toteutus.

## 8. KUSTANNUSHYÖTYANALYYSI

### 8.1. Tarjous 3:n kustannushyötyanalyysi

#### Kustannushyötyanalyysin lähtökohdat

Kustannushyötyanalyysi vaatii tarkkoja numeerisia tietoja liittyen jo olemassa olevaan tuotantomalliin sekä tarkkoja arvioita tulevista muutoksista liittyen tulevaan ja arvioitavaan investoinnin hankintaan. Etukäteen tiedetään nykyisen piipputuotannon kapasiteetti sekä tuotannon kulut.

Kustannushyötyanalyysiin käytetään Alfa Laval Vantaa Oy:n omaa kustannuslaskentatyökalua, josta ilmenee tarvittavat taloudelliset kriteerit liittyen takaisinmaksuun ja diskonttaukseen. Kyseiseen taulukkoon lisätään sekä hyötynäkökulmat, investoinnit ja näin saadaan yhteenvetona takaisinmaksuaika sekä muut tarvittavat tunnusluvut päätöksenteon tueksi.

#### Kustannushyötyanalyysi lyhyesti

- Kirjaa nykyiset kustannukset
- Arvioi hyödyt
- Vertaile hyötyjä kustannuksiin
- Vertaile ja tarkastele vaihtoehtoja, tähän vaikuttaa edellisen vaiheen tulokset. Näiden yhteisten arvioiden perusteella päädytään hyödyllisimpään tulokseen.

## 8.2. Kustannuslaskenta

Kustannuslaskennassa vertaillaan nykyisen omatuotannon kuluja ehdotettavaan hankkeeseen.

Vuosikulut nykyisestä piipun omatuotannosta muodostuu seuraavasti:

1	Työtunnit per vuosi	-16 650
2	Kuparimateriaali	-108 000
3	Alihankinnan työkulut	-15 000
4	Piipunpään supistus (50 000 kpl/vuosi)	-3 500
5	Hallintokulut (osto, laskutus/lähetys yms)	-2 000
6	Valmispiippuvaranto	-35 800

Taulukko 3. Nykyisen piipputuotannonkulut.

Ehdotettavan investoinnin arvioidut vuosikulut piipun omatuotannolle:

1	Työtunnit per vuosi	-18 750
2	Kuparimateriaali	-121 500
3	Alihankinnan työkulut	0
4	Piipunpään supistus (50 000 kpl/vuosi)	0
5	Hallintokulut (osto, laskutus/lähetys yms)	0
6	Valmispiippuvaranto	-3 500

Taulukko 4. Suunnitellun koneinvestoinnin tuotannonkulut.

Nykyisen ja ehdotetun erot:

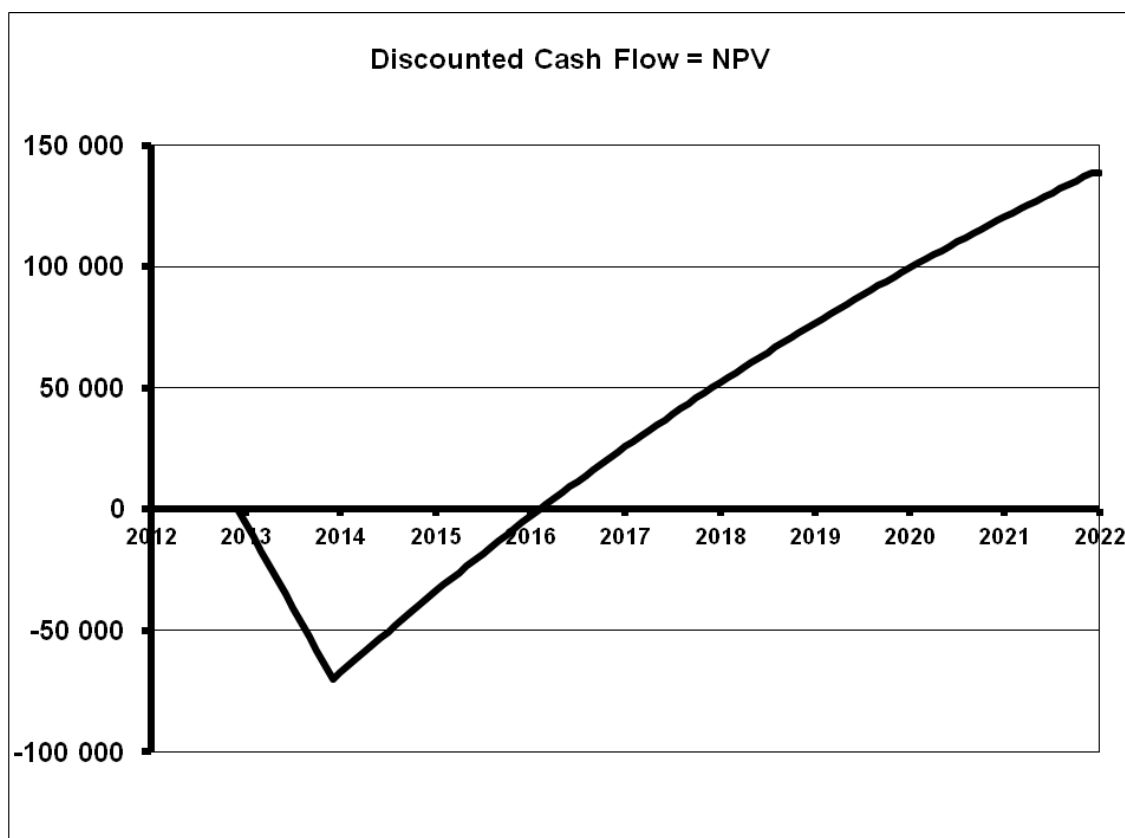
1. Työnhinta 400 000 piipulle 16 650e, vastaavasti työnhinta 450 000 piipulle 18 750e.
2. Kuparimateriaalissa 13500 euroa kasvua, selittyy siirryttäessä vain omatuotantoon, jolloin omatuotanto kasvaa 400 000 piipusta 450 000 piippuun.
3. Alihankinnan työkulut poistuvat ehdotetussa piipputuotantomallissa.
4. Supistustyön työkulut poistuvat ehdotetussa piipputuotantomallissa.
5. Toimihenkilöiltä sekä hallinnolta vapautuu resursseja noin 1-2 viikkotyövoiman verran vuositason.
6. Tällä hetkellä inventoitu Alfa Laval Vantaan tehtaan piippuvaraston arvo: 173 500 piippua, joiden euromääräinen arvo 76 200 euroa. Tietokannan mukaan näistä on itsevalmistettuja piippuja 132 800 kappaletta, joiden arvo on noin 55 500 euroa. Tehdyn piipun hinnasta työn osuus on noin 0,30 euroa per piippu. Jolloin valmispiippuvarannon arvo tällä hetkellä on 35 800 euroa.

### 8.3. Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaikamenetelmällä saadaan selville missä ajassa arvioiduilla tuotantomäärillä investointi ylittää investointikustannukset. Menetelmän suhteellisen tarkka arvio perustuu ainoastaan harkittuihin ja oikeelliseksi arvioitujen lähtötietojen totuudenmukaiseen toteutumiseen. Kaikesta arvioinnista huolimatta tulevaisuuden tarkka ennustaminen voidaan mainita KHA:n haittapuolena. Kustannushyötyanalyysjä laatiessa takaisinmaksuajalla on keskeinen merkitys investoinnin toteutumisen kannalta. Investoinnin euromääräisellä suuruudella on merkitystä hankinnan kannattavuutta arvioitaessa. Mitä kalliimpi investointi on kysymyksessä, sitä pidempiä

takaisinmaksuaikoja saatetaan sallia ja investointia suositella. Yleisesti ja yritysten linjauksista riippuen, takaisinmaksuajan ollessa 1-2 vuotta, investointi on erittäin suositeltava. Takaisinmaksuajan ollessa yli viiden vuoden, lähes kymmenen vuotta, investoinnin taloudellinen kannattavuus voidaan kyseenalaistaa.

Alfa Laval Vantaa Oy:n kustannuhyötyanalyysiin perustuva takaisinmaksuaika on ylempänä taulukoitujen tietojen valossa noin 2,7 vuotta. Mikäli arviot tulevaisuuden myynti- ja kustannusmuutoksista toteutuvat.



Taulukko 5. Investoinnin arvioitu takaisinmaksuaika

## 9. JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITYSEHDOTUKSET

Uuden piippukoneen investoinnin ja hankinnankannattavuuden selvittämistä pidettiin tärkeänä. Insinööri työ rajattiin huolellisesti, jotta työstä ei tulisi tavoitteeseen nähden tarpeettoman laaja. Lähtökohdiltaan lähdettiin selvittämään mikä on tämän hetkinen nestejäähdyttimen piipputuotannon tila, täyttääkö se nykyiset tarpeet, mitä siinä on kehitettävää ja miten tuotantomalli saataisiin nykyaikaistettua, huomioden samalla muutosten taloudelliset vaikutukset.

Insinööri työsuunnitelmaa laatiessa huomattiin työn vaativan monien eri tahojen haastattelua talon sisällä sekä jo olemassa olevan ”hiljaisen tiedon” keräämistä yhteen. Olemassa oleva tieto liittyen Alfa Laval Vantaan tehtaaseen piipputuotantoon oli hajallaan eri työtehtävissä toimivilla henkilöillä.

Lopputyön tavoitteena oli antaa taloudellisesti sekä tuotannollisesti parhaiten tavoitteet ja vaatimukset täyttävä investointiehdotus tarjolla olevista piippukoneista. Erottelu tehtiin poissulkemalla epäedullisemmat ja puutteelliset tarjoukset. Käytännössä karsittiin tarjotut investointivaihtoehdot, jotka eivät täyttäneet piippukoneelle asetettuja tuotannollisia kapasiteetteja eikä vaadittuja ominaisuuksia. Investoinnin kustannusvertailun yksi keskeisimpiä vaatimuksia on 100 % omatuotantomahdollisuus, joka ei nykyisellä koneella ole mahdollista. Nykyinen kone ei pysty valmistamaan suurimpia piippuja, joita nestejäähdyttimissä käytetään. Suurimmat piiput ova tällä hetkellä tilaustavaraa alihankkijalta. Lisäksi tarkoitus oli laatia piipputuotannossa käytettävät piirroksien sekä kuvat nykyaikaiseen 3D-piirrosmalliin.

Alkutilanteessa piipun omatuotannon sekä alihankinnan työläimpänä vaiheena koettiin alihankinnan toimittamille piipuille käsin tehtävä piipunpään supistus Alfa Laval Vantaan tehtaalla. Tämän todettiin vievän työaikaa sekä resursseja, joka näin ollen nostaa alihankinnan piipun lopullista kappalehintaa. Kustannusanalyysiä laatiessa tämä oli yksi merkittävimpiä vaatimuksia uudelta

koneinvestoinnilta. Insinööriyössä käsitelty investointitarjous täytti tämän kriteerin, joten kyseinen asia oli tämän työn arvioinneissa kunnossa.

Insinööriyön sisältämät kustannusanalyysiin perustuvat investointiarviot ja ehdotukset ovat tällä hetkellä Alfa Laval Vantaan tehtaassa käytössä eikä lopullisia investointipäätöksiä ole vielä tehty.

Alfa Laval Vantaan tehdas on tällä hetkellä tarpeet täyttävässä toiminnassa piipputuotannon osalta, siksi kyseinen investointitarkastelu ei ole välittömästi toteutusta vaativa investointi. Kyseessä on puhtaasti piipputuotannon kehitysehdotus, joka jää tulostensa ja tarkempien analyysien osalta yrityksen omaan käyttöön.



## 10. YHTEENVETO

Tämän insinööri työn yhtenä linjauksena voidaan todeta, että piipputuotantoa ei voida automatisoida sataprosenttisesti. Prosessissa on erilaisia vaiheita jotka vaativat ihmistyövoimaa kuten piippujen pesu, kuparimateriaalirullan vaihtotyö sekä -lisäys ja koneen käyttökuntoon saattaminen päivittäin. Yhden kuparipiipun kustannuksessa noin 60-75 prosenttia on kuparin materiaalikuluja, jonka hinta määräytyy maailmanmarkkinoilla. Materiaalista aiheutuvia kustannuksia ei ole mahdollista enempää karsia.

Piipun sahaamisesta aiheutuva materiaalihävikki on minimaalista nykyisen koneen katkaisumenetelmän vuoksi.

Kuparin maailmanmarkkinahintaan tehtaen kapasiteetti ei juurikaan vaikuta, joten on keskityttävä optimoimaan piipun työvaiheet mahdollisimman edulliseksi sekä tehokkaaksi.

Piippukoneen työvaiheita on mahdollista kehittää ja kulurakennetta karsia nykyisestä tuotantomallista. Mikäli ehdotettavaan investointiin päädytään säästöjä saadaan piipunpään supistuksen työkustannusten osalta, hallintokuluista liittyen oston, laskutukseen, lähetykseen sekä ylimääräiseen käsittelyyn piippujen alihankintaan liittyen sekä alihankinnan työkulujen osalta. Nämä mainitut muutokset ovat nähtävissä taulukoissa 3 ja 4 sivulla 36.

Näiden kartoitusten ja mahdollisten investointien jälkeen ollaan hyvin lähellä teoreettisesti edullisinta mahdollista kuparipiipputuotannon kappalehintaa.

Tosiasiassa on, että erot ehdotetun investoinnin ja nykyisen tuotantomallin välillä ovat suhteellisen pieniä. Tämän vuoksi korostuu tarkkaan kerätyt numeeriset tiedot liittyen tuotannonkuluihin ja vaatimaan lähtötietokritiikkiin ja ennenkaikkea järkeviin tulevaisuuden näkymien arviointiin. Nämä kaikki näkökulmat yhdessä ovat vaatineet useita palavereja sekä eri tehtävissä tehtaalla toimivien henkilöiden näkemyksiä nykyisen tuotannon kulurakenteeseen sekä tulevaisuuden talousennusteisiin maailmanmarkkinoilla.

## LÄHTEET

Alfa Laval Vantaa OY, viitattu 3/2012 [www.alfalaval.fi](http://www.alfalaval.fi) – Home > About US

Fincoil Oy, yritysesite 2000, viitattu 11/2011 [www.fincoil.fi](http://www.fincoil.fi) > Tietoa yrityksestä

Alijoki Tapio et al. , Kylmäteknikka. Gummerus Oy: Jyväskylä. 1992. 422 s.

Alfa Laval Alfa Solar SD, myyntiesite. Intranet Alfa Laval 2011

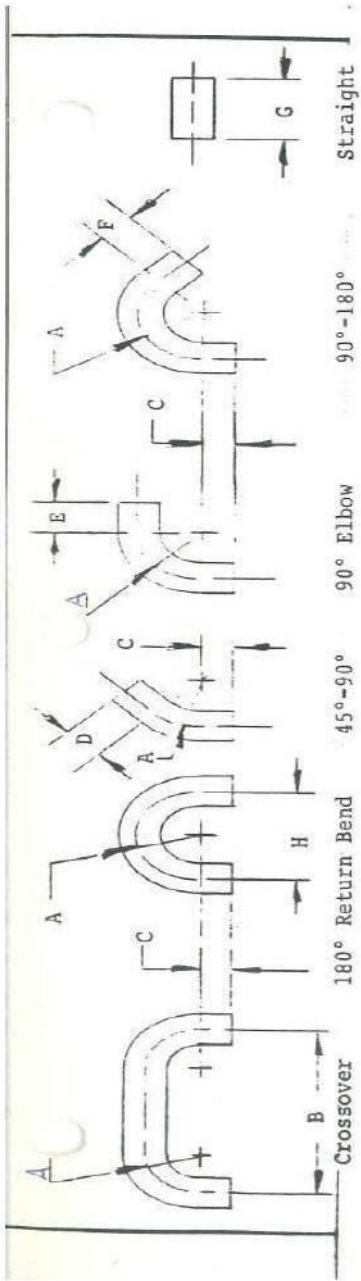
Muuronen Markku, Käytännön kylmäteknikka. Kylmätuki Oy: Helsinki. 1994. 233 s.

Esko Valtanen, Tekniikan taulukkokirja. Genesis-kirjat Oy: Mikkeli 2010. 1093 s.

Ikäheimo, Lounasmeri, Walden, Yrityksen laskentatoimi. WSOY:Helsinki. 2005, 314 s.

Niskanen J. & Niskanen M., Yritysrahoitus. Edita: Helsinki. 2000, 421 s.

Piippukoneelta vaadittavat työmitat



RETURN ELBOW CROSSOVER BEND (RECH)

Tube O.D.	A Max.	A Min.	B Max.	B Min.	C Max.	C Min.	D* Max.	E Max.	F* Max.	G Max.	G Min.	Tubes Bycple	Bend Min.
3/8	2 1/8	1/2	4 1/4	3/4	2	3/16	3 1/4	3 1/4	2	8	1/4	3	.400
1/2	2 1/8	5/8	4 1/4	1	2	3/16	3 1/4	3 1/4	2	8	1/4	2	1/2

Note: Dimensions in inches.

## Piipun 3D-malli

